

**PABRIK SILICON CARBIDE DARI SILICA DIOKSIDE DAN
CARBON DENGAN MENGGUNAKAN ELECTRIC FURNACE**

PRA RENCANA PABRIK



Oleh :

EKA OKTAMIA HERWATI

0731010046

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2011**

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia beserta rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun diberikan kekuatan dan kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik dengan judul : ***“Pabrik Silicon Carbide dari Silica Dioksida dan Carbon dengan menggunakan Electric Furnace”***.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi tugas yang diberikan kepada mahasiswa jurusan Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Kimia.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan atas kerjasama dan berkat bantuan petunjuk, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Serta disusun berdasarkan pada beberapa sumber yang berasal dari beberapa literatur , data-data , majalah kimia, dan internet.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih sebesar - besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Sutiyono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Ir. Retno Dewati, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Ir. Isni Utami, MT selaku Dosen Pembimbing.
4. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moril dan material dalam pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir.

5. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Kimia, FTI, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
6. Rekan – rekan mahasiswa dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Tak Ada Gading Yang Tak Retak, penyusunpun menyadari tentunya tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun senantiasa penyusun harapkan demi sempurnanya tugas akhir ini.

Akhir kata, penyusun mengharapkan semoga Tugas Akhir yang telah disusun ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi mahasiswa Fakultas Teknologi Industri jurusan Teknik Kimia.

Surabaya, Mei 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
INTISARI	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	I – 1
BAB II PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES	II – 1
BAB III NERACA MASSA	III – 1
BAB IV NERACA PANAS	IV – 1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN	V – 1
BAB VI PERENCANAAN ALAT UTAMA.....	VI – 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VII – 1
BAB VIII UTILITAS	VIII – 1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	IX – 1
BAB X ORGANISASI PERUSAHAAN	X – 1
BAB XI ANALISA EKONOMI	XI – 1
BAB XII KESIMPULAN DAN PEMBAHASAN	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel VII.1.	Instrumentasi pada pabrik	VII - 6
Tabel VIII.4.1.	Kebutuhan listrik untuk peralatan proses dan utilitas	VIII - 44
Tabel VIII.4.2.	Kebutuhan listrik untuk penerangan	VIII - 45
Tabel IX.1.	Pembagian luas pabrik	IX - 7
Tabel X.1.	Jadwal kerja karyawan proses	X - 10
Tabel X.2.	Perincian jumlah tenaga kerja	X - 11
Tabel XI.1.	Biaya total produksi untuk kapasitas 60%, 80%, 100%	XI - 6
Tabel XI.2.	Modal pinjaman selama masa konstruksi	XI - 6
Tabel XI.3.	Modal sendiri selama masa konstruksi	XI - 7
Tabel XI.4.	Tabel Cash Flow	XI - 14
Tabel XI.8.	Internal Rate Of Return	XI - 9
Tabel XI.9.	Rate On Equity	XI - 10
Tabel XI.10.	Pay Out Periode	XI - 11

DAFTAR GAMBAR

Gambar VIII.1.	Flowsheet Utilitas.....	VIII - 48
Gambar IX.1.	Lay Out Pabrik.....	IX - 9
Gambar IX.2.	Peta Lokasi Pabrik	IX - 10
Gambar IX.3.	Lay Out Peralatan Pabrik	IX - 11
Gambar X.1.	Struktur Organisasi Perusahaan	X - 13
Gambar XI.1.	Grafik BEP	XI - 13

INTISARI

Pra Rencana Pabrik Silicon Carbide direncanakan untuk memenuhi kebutuhan Indonesia terhadap Silicon Carbide. Pada pembuatan produk Silicon Carbide ini dipakai bahan baku Anthracite dan Pasir Kuarsa.

Proses pembuatan Silicon Carbide ini, Anthracite dan Pasir Kuarsa dicampur dalam *Drum Mixer* kemudian direaksikan dalam *Electric Furnace* hingga diperoleh SiC. Setelah itu dilakukan proses pendinginan dan pencucian dengan H_2SO_4 untuk menghilangkan impurities atau pengotor yang ada dalam produk. Selanjutnya, dilakukan pengeringan dengan *Rotary Dryer* dan diseragamkan ukurannya menggunakan *Ball Mill*.

Pabrik SiC ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 24 jam/hari dan 330 hari/tahun dengan data – data sebagai berikut :

- Kapasitas produksi : 50.000 ton/tahun
- Bahan Baku :
 - Anthracite : 5516.6703 kg/jam
 - Pasir kuarsa : 8710.5321 kg/jam
- Produk Silicon Carbide : 6313.1313 kg/jam
- Lokasi Pabrik : Jenu, Kabupaten Tuban, Jawa Timur
- Luas areal : 20.000 m²
- Bentuk Organisasi : Perseroan Terbatas (PT)

- Struktur Organisasi : Garis dan Staff
- Jumlah Karyawan : 115 orang
- Masa Konstruksi : 2 tahun
- Analisa Ekonomi :
 - a. Total Capital Investment (TCI) : Rp. 457.299.819.549,-
 - b. Pay Out Period (POP) : 4.45 tahun
 - c. Internal Rate of Return (IRR) : 19.67%
 - d. Rate of Equity (ROE) : 29.15%
 - e. Break Even Point (BEP) : 28.94%



BAB I

PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG

Silicon Carbide pertama kali diamati oleh Jacobs pada tahun 1824 yang pada waktu itu kegunaannya belum banyak dikenal. Penemu lain Achesons bertujuan untuk menghasilkan bahan penggosok dan bahan pengganti intan sebagai pemotong dan penghalus. Silicon Carbide produk Achesons menamainya sebagai Carborundum dan dijabarkan menjadi '*Silicade of Carbon*' dengan rumus formula SiC. Penemuan ini mempunyai dampak yang cukup besar dan banyak diproduksi sebagai bahan pemotong dan penghalus dan pada tahun 1890 pertama kali dikembangkan dalam bidang elektronik untuk membuat Light Emitting Diode (LED).

Pada tahun 1955, Lely mempersembahkan sebuah konsep baru tentang pertumbuhan produk dengan kualitas yang lebih tinggi. Penelitian Silicon Carbide menjadi lebih intensif lagi setelah ada konferensi pertama di Boston pada tahun 1958.

Pada tahun 1978 ditemukan kesamaan dimensi dan kepentingan dari proses Achesons dengan yang disampaikan oleh Tairov dan Tsuetkov. Penemuan mereka untuk menghasilkan substrat dengan penghalusan di tempat tertentu. Pada tahun 1981, Matsunami menemukan kemungkinan terjadinya SiC pada Si substrat.

Dengan berkembangnya teknologi dan pemakaian bahan kimia yang cenderung terus meningkat, salah satu material industri yang saat ini mulai

Pra Rencana Pabrik Silicon Carbide



banyak dikembangkan adalah Silicon Carbide. Silicon Carbide alam sulit didapatkan sehingga perlu didirikan industri komersil. Silicon Carbide diproduksi dari bahan Silica Dioxide dan Carbon dengan bantuan furnace. Silicon Carbide bisa digunakan dalam berbagai kepentingan industri yang mengandalkan operasi pada temperatur tinggi, kekerasan bahan, dan untuk industri elektronik.

Eksplorasi dan eksplorasi potensi sumber daya mineral tidak hanya terbatas pada penambangan batubara atau minyak dan gas bumi tetapi juga seluruh sumber daya alam yang memiliki prospek pasar. Salah satu upaya nyata yang telah dilakukan adalah melakukan eksperimen dari pasir kuarsa untuk dikembangkan menjadi produk yang mempunyai nilai lebih tinggi. Saat ini pasir kuarsa di Indonesia hanya digunakan sebagai bahan pembuat gelas, kaca, atau keramik. Sedangkan batubara di Indonesia digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dan bahan bakar dalam industri. Berdasarkan penelitian, pasir kuarsa dan anthracite (yang merupakan salah satu jenis dari batubara yang mempunyai kandungan karbon terbanyak) bisa dimanfaatkan untuk pembuatan Silicon Carbide dengan nilai ekonomi yang lebih menjanjikan.

Silicon Carbide (BM 40,07) merupakan material yang berbentuk padatan dengan warna yang bervariasi mulai dari warna hijau sampai warna hitam tergantung jumlah pengotor. Silicon Carbide warna hijau terjadi secara alamiah dalam meteor dan disebut dengan nama Moissanite. Produk Silicon Carbide yang diperdagangkan dibuat pada alat elektrik furnace yang menghasilkan kumpulan granular berwarna. Warna tersebut hanya menempel tipis pada permukaan dan bisa dicuci dengan asam hydrofluoric sehingga didapatkan produk utama untuk dihaluskan.

Pra Rencana Pabrik Silicon Carbide

Silicon Carbide banyak dipakai dalam industri terutama industri yang mengandalkan kekerasan bahan misalnya pada pengamplasan bahan yang bersifat korosif, abrasi, dan temperatur tinggi. Silicon Carbide telah dipakai secara luas dan didapatkan dengan mudah.

I.1.2. KEGUNAAN PRODUK

- a. *Weat surface*, karena SiC mempunyai kekerasan yang tinggi maka SiC banyak digunakan untuk bahan – bahan yang mengutamakan ketahanan terhadap aus seperti lapisan rem, stop kontak listrik dan pemakaian alat – alat supaya tidak tergelincir pada lantai atau anak tangga.
- b. *Sebagai refractories*, karena SiC mempunyai koefisien muai rendah dan mempunyai ketahanan terhadap suhu yang tinggi serta mempunyai sifat kimia dan fisika yang stabil maka SiC penting untuk membuat refractories. Biasanya digunakan sebagai pelapis dinding furnace , cecker bricks, klin furnace.
- c. *Sebagai penggosok (abrasive)* pada alat - alat grinding whowll, kertas dan kain gosok, grinding ball, menajamkan batu.
- d. *Elektronik*, sifat semi konduktor dari SiC mempunyai peranan penting untuk alat yang berkaitan dengan ketahanan panas, peralatan sensitive temperatur dan tegangan tinggi. Alat tersebut untuk mengukur dan mengontrol koil induksi.

(Kirk Othmer ed.2 vol : 4,hal 128)



I.2. SIFAT DAN KOMPOSISI BAHAN BAKU

I.2.1. Silica Dioxide

1. Sifat Fisika

- Nama : Silica Dioxide
- Formula : SiO_2
- Berat molekul : 60 g/mol
- Bentuk : Padatan
- Warna : Putih
- Titik leleh : 1723 °C
- Panas laten : 7,7 kJ/mol
- Densitas : 2,26 gr/cm³
- Titik didih : 2230 °C

(Kirk Othmer ed.2 vol : 4,hal 128)

2. Sifat Kimia

- *Specific heat* : 0,316 cal/(g)(°C)
- Kapasitas panas :
 - *c, quartz, α* : $10,87 + 0,008712T - 241200/T^2$
(273 K – 848 K)
- Panas pembentukan (ΔH) pada 25 °C :
 - *c, quartz* : - 203,35 kcal/mol
- Energi bebas pembentukan (ΔF) pada 25 °C :
 - *c, quartz* : - 190,4 kcal/mol

(Perry's, ed. 7, hal. 2-186, 2-188, dan 2-193)

3. Komposisi Silica Dioxide

Silicon Dioksida dalam proses ini diambil dari pasir kuarsa yang mempunyai komposisi :

SiO ₂	: 99,7 %
TiO ₂	: 0,03 %
Al ₂ O ₃	: 0,01 %
Fe ₂ O ₃	: 0,02 %
CaO	: 0,02 %
MgO	: 0,02 %
H ₂ O	: 0,20 %
Ukuran pasir	: 40 mesh

(PT. Visi Utama Mandiri)

1.2.2. Anthracite

1. Sifat Fisika

- Bentuk : Keras dan kompak
- Warna : Hitam dan mengkilap
- Tingkat kelembaban (*moisture*) yang rendah : 2,8 – 16,3 % berat
- Kandungan energinya besar

([http://ads.indonesiagateway.web.id/free/index/page,akun.iklan.ta
mpil/id,33815/idc,1/JUAL-BRIKET-BATUBARA,-BRIKET-
BIOMASS,-BRIKET-SUPER,BRIKET-KOKAS.html](http://ads.indonesiagateway.web.id/free/index/page,akun.iklan.ta
mpil/id,33815/idc,1/JUAL-BRIKET-BATUBARA,-BRIKET-
BIOMASS,-BRIKET-SUPER,BRIKET-KOKAS.html))

2. Sifat Kimia

- *Bulk density* : 50 – 58 lb/ft³, 801 – 929 kg/m³
- *Specific heat* : 0,22 – 0,23 Btu/(lb.°F), 921 – 963 J/(kg.K)

(Perry's, ed. 7, hal. 27-6)

3. Komposisi Anthracite

Carbon dalam proses ini diambil dari Anthracite yang mempunyai komposisi :

- 90 % Carbon
- 5 % Oksigen
- 4,5 % Hydrogen
- 0,5 % Nitrogen

(Brady, George S. hal 58)

I.3. SIFAT DAN KOMPOSISI PRODUK

Silicon Carbide (SiC)

1. Sifat Fisika

- Berat molekul : 40,07
- Warna : Hijau sampai hitam
- Specific gravity : 3,208 - 3,210
- Young's modulus of elasticity : 3896 Kbar
- Compressive strength : 150.000 psi
- Dispersion pada 4360 - 6200 Å° : 0,0918 - 0,1028
- Spectral emissivity pada 3 - 15 μ : 0,8
- Suhu dekomposisi : 2830 °C



- Heat Capacity : 6,38 - 6,42 cal/ °K mole
- Enthalpy (967 °F) : 223 Btu/lb
- Thermal Conductivity (1140 °F) : 650 Btu/hr ft² (°F/in)
- Resistivity : 0,1 Ω cm

(Kirk Othmer ed. 2 vol : 4, hal 114-122)

- Mohr hardness : 9,5

(The Encyclopedia of Chemistry, ed.3,hal.1)

2. Sifat Kimia

- *Specific heat* pada 100 °C : 0,202 cal/g °C

(Perry's, ed. 7, hal. 2-188 dan 2-193)

I.4. Kapasitas Produksi

Kebutuhan Silicon Carbide di Indonesia khususnya, semakin meningkat dengan peningkatan pertumbuhan kapasitas pada bidang industri kimia. Kebutuhan Silicon Carbide di Indonesia dipenuhi oleh beberapa negara pengimpor. Sampai saat ini Indonesia masih membutuhkan Silicon Carbide dari negara – negara penghasil Silicon Carbide.

Peluang kapasitas dan perkiraan pendirian pabrik Silicon Carbide, akan ditentukan oleh data – data pendukung yang berkembang saat ini.

Tabel 1.1. Data Impor Silicon Carbide

Tahun	Volume (kg)	Jumlah (US \$)
2004	37.163,31	24.826,10
2005	38.278,61	27.439,79
2006	28.086,50	21.558,27
2007	28.790,71	22.060,19
2008	45.401,25	53.206,63

Sumber : Biro Pusat Statistik (BPS) Surabaya

Tabel 1.2. Data Ekspor Silicon Carbide

Tahun	Volume (kg)	Jumlah (US \$)
2004	10.774	43.670
2005	7.828	84.359
2006	15.048	43.805
2007	944	8.403
2008	1.286	5.566

Sumber : Biro Pusat Statistik (BPS) Surabaya



Berdasarkan data tersebut di atas, maka produksi Silicon Carbide di Indonesia masih perlu ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan Indonesia akan Silicon Carbide. Oleh karena itu, penting sekali adanya perencanaan pendirian pabrik Silicon Carbide di Indonesia yang dalam pendiriannya diperlukan suatu perkiraan kapasitas agar produksi yang dihasilkan sesuai dengan permintaan.

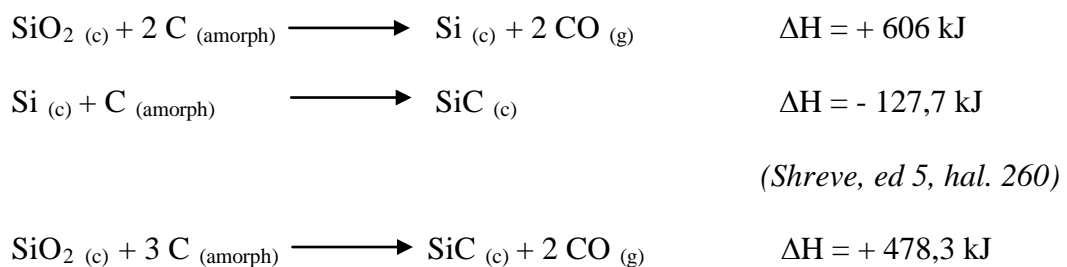
BAB II

PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

II.1. PROSES PEMBUATAN

Silicon Carbide merupakan senyawa dari hasil reaksi Silicon Dioxide (SiO_2) dan Carbon (C) pada suhu 2200°C . Proses Achesons (1890), Silicon Carbide dihasilkan dengan cara mencampur 60 bagian Silica Dioxide (SiO_2) dan 40 bagian Carbon (C) yang dipanaskan pada suhu $2046^\circ\text{C} - 2200^\circ\text{C}$.

Proses pembuatan Silicon Carbide sederhana dan tidak banyak berubah sejak pertama kali dikembangkan pada tahun 1978. Bahan baku untuk produksi Silicon Carbide adalah pasir silica dan carbon. Carbon diperoleh dari anthracite, coke, petroleum dan pasir silica yang terdiri dari 98 hingga 99,5% silica. Persamaan yang biasa diberikan untuk reaksi yang terlibat adalah :



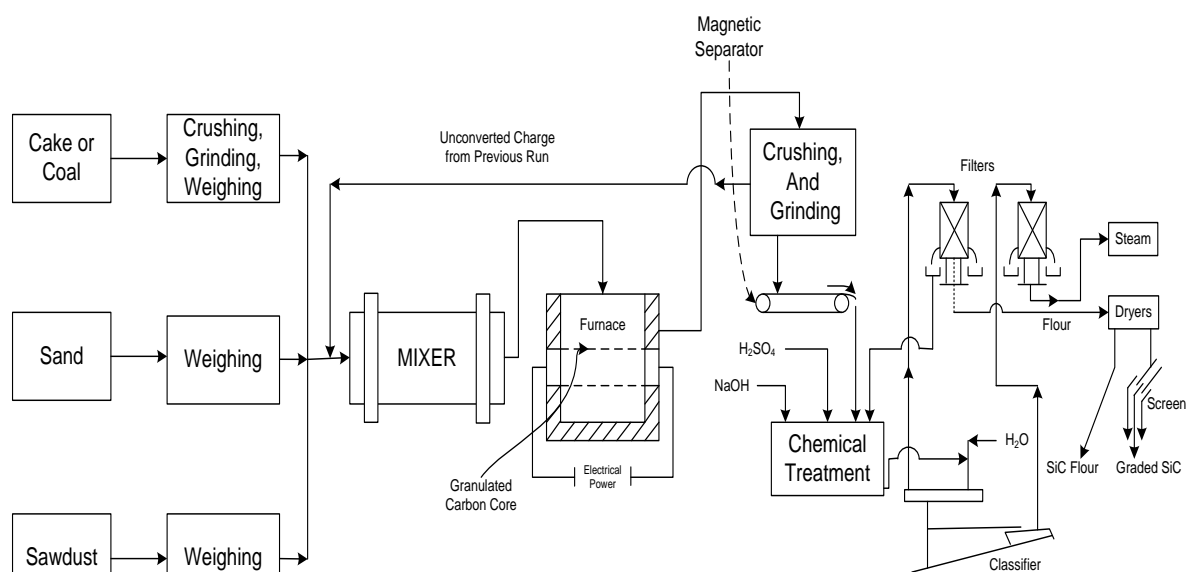
II.2. PEMILIHAN PROSES

Proses yang akan dipilih dalam pembuatan Silicon Carbide ini adalah proses pemanasan campuran Silica Dioxide dan Carbon dalam tanur listrik (*Electric Furnace*) dengan bahan baku pasir kuarsa dan Anthracite dengan pertimbangan :

- Proses sederhana dan peralatan yang digunakan tidak banyak
- Bahan baku anthracite murah dan mudah dapat di berbagai daerah
- Bahan baku pasir kuarsa murah dan mudah didapat di berbagai daerah
- Proses dapat dilakukan secara kontinyu

II.3. DIAGRAM ALIR

Sebagai dasar pembuatan Pabrik Silicon Carbide yang diperoleh dari Shreve adalah sebagai berikut :



(Shreve, ed.5, hal. 260-262)

II.4. URAIAN PROSES

Proses pembuatan Silicon Carbide dibagi dalam 4 tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembuatan Silicon Carbide
3. Tahap pendinginan dan pencucian
4. Tahap pengeringan dan pengemasan

II.4.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

A. Anthracite

Anthracite dari gudang diangkut dengan *Belt Conveyor* dan *Bucket Elevator* menuju *Cone Crusher* untuk digiling. Hasilnya dimasukkan ke dalam *Vibrating Screen* yang berukuran 40 mesh. Anthracite yang telah halus ditampung dan ditimbang di *Bin* sebelum dicampur dengan pasir kuarsa.

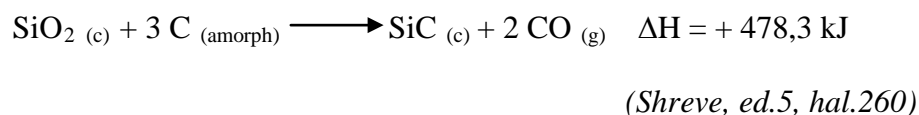
B. Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa diangkut dari gudang dengan *Belt Conveyor* dan *Bucket Elevator* untuk ditampung dan ditimbang di *Bin*. Selanjutnya, anthracite dan pasir kuarsa diangkut dengan *Belt Conveyor* untuk dicampur ke dalam *Drum Mixer* dengan perbandingan 40 : 60.

(Shreve, ed. 5, hal.260)

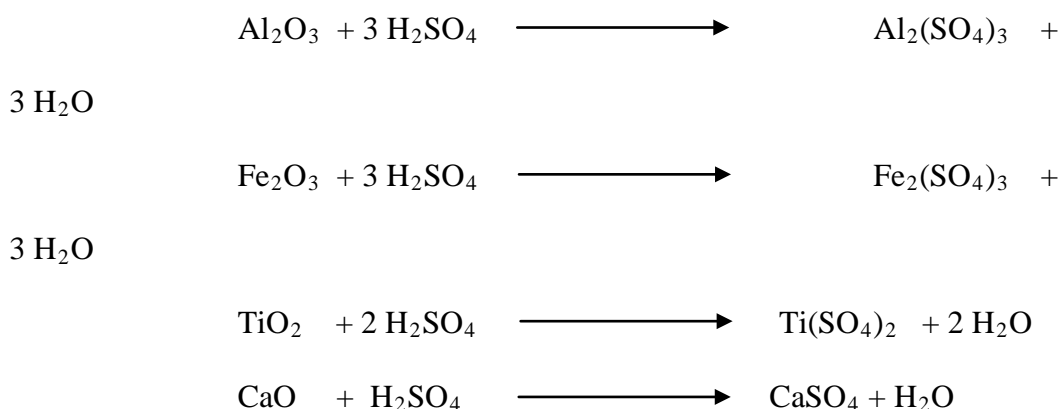
II.4.2. Tahap Pembuatan Silicon Carbide

Kedua bahan yang telah tercampur kemudian diumpankan ke dalam *tanur (Electric Furnace)* dengan bantuan *Screw Conveyor*. Kondisi operasi *Electric Furnace* dijalankan pada suhu pemanasan 2200 °C. Reaksi utama yang terjadi pada *Electric Furnace* :

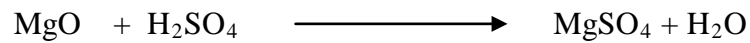


II.4.3. Tahap Pendinginan dan Pencucian

Produk yang terbentuk di dalam *Electric Furnace* berupa SiC dilewatkan pada suatu *Chill Conveyor*. Selama di *Chill Conveyor*, lelehan Silicon Carbide dengan bantuan udara dihembuskan oleh blower sehingga membentuk flake dan dikecilkan ukurannya menjadi serpihan – serpihan (fragment/flake) dengan menggunakan *Hammer Mill*. Kemudian bahan diangkut kembali dengan *Screw Conveyor* dan *Bucket Elevator* menuju *Hammer Mill* untuk digiling hingga 80 mesh. Setelah halus, bahan diangkut menuju *Cone Reactor* untuk dicuci dengan larutan H₂SO₄ dari tangki penampung. Penggunaan H₂SO₄ sebagai pencuci adalah untuk menghilangkan pengotor/impurities yang berasal dari bahan baku. Reaksi yang terjadi dalam *Cone Reactor* adalah :



Pra Rencana Pabrik Silicon Carbide



Hasil yang didapat dari *Cone Reactor* tersebut dilewatkan *Screw Conveyor* menuju *Washer* untuk dipisahkan antara padatan dan liquidanya, Alat ini sekaligus berfungsi sebagai pencuci bahan dengan menggunakan tambahan air proses, untuk menghilangkan pengotor/impurities yang ada dalam bahan, karena sebagian pengotor dapat larut dengan air.

II.4.4. Tahap pengeringan dan pengemasan

Dimana padatan yang di dapat dikeringkan dalam *Rotary Dryer*. Hasilnya diangkut dengan *Screw Conveyor* dan dibawa *Bucket Elevator* menuju *Ball Mill* untuk mendapatkan ukuran 200 mesh Silicon Carbide di *Vibrating Screen* diseragamkan ukurannya sebelum dibawa ke *Silo* dan dikemas dalam karung plastik dan drum.